

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-162137

(43)Date of publication of application : 20.06.1997

(51)Int.Cl.

H01L 21/266  
C23C 14/48  
G03F 7/40  
H01L 27/148

(21)Application number : 07-346771

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 13.12.1995

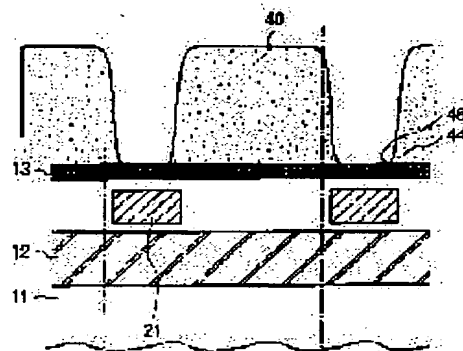
(72)Inventor : ASAI ATSUSHI  
OTSUKA YOICHI

## (54) ION IMPLANTATION

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain an ion implanter in which the position and area of an ion implanting region can be regulated by subjecting a photoresist layer to a reflow heat treatment at the time of implanting ions using the photoresist layer as a mask thereby reducing the diameter of opening in a mask pattern on the fringe at the lower end thereof.

**SOLUTION:** A p-type overflow barrier layer 12 is formed on an Si substrate 11 by ion implantation and subjected to thermal oxidation thus obtaining an insulation film 13. A mask pattern having an opening is then formed by a photoresist layer 40 and a transfer barrier part 21 of p-well is formed by ion implantation using the photoresist layer 40 as a mask. Subsequently, the photoresist layer 40 is subjected to reflow heat treatment so that the photoresist layer 40 is fluidized around the lower end part 44 of opening thus reducing the diameter of opening on the fringe 46 of lower end part 44. Finally, ion implantation for forming a vertical transfer part 22 is performed using the photoresist layer 40 having mask pattern of reduced opening diameter as a mask.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

09.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

JP,9-162137,A

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The ion-implantation approach characterized by forming on a substrate the mask pattern which consists of a photoresist layer, performing reflow heat treatment to a photoresist layer, making the diameter of opening of the soffit edge of opening of a mask pattern reduce in case the ion implantation of the photoresist layer is carried out and carried out to a mask, and adjusting the location and area of an ion-implantation field by it.

[Claim 2] With the formation process of the vertical transfer section of a CCD image sensor, the mask pattern which consists of a photoresist layer is formed on the insulator layer of a substrate. In using a photoresist layer as a mask, forming the transfer barrier section by the ion implantation, pouring in another ion subsequently and forming the vertical transfer section, reflow heat treatment is performed to a photoresist layer. The ion-implantation approach characterized by adjusting the location and area of an ion-implantation field which are made to reduce the diameter of opening of the soffit edge of opening of a mask pattern, and form the vertical transfer section by it.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the ion-implantation approach that the location and area of an ion-implantation field can be further adjusted to a detail minutely, especially the ion-implantation approach suitable for formation of the vertical transfer section of a CCD image sensor, about the ion-implantation

approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] the time of injecting ion into a substrate and generally, forming an ion-implantation field -- an ion implantation -- polish recon and SiO<sub>2</sub> etc. -- it is given towards a substrate from on the mask pattern formed by the device component, a photoresist, etc., and the ion-implantation field is formed so that it may agree in the location and area of opening which were defined by the pattern by this. Therefore, in order to form an ion-implantation field in a substrate in the location and area as predetermined, it is necessary to raise the precision of the mask pattern formed by the photolithography method etc. In case a mask pattern is formed by the photolithography method, the factor which determines the precision of a mask pattern is the actuation precision of the optical equipment to be used, for example, a photolithography stepper's actuation precision, and is a mechanical precision which moves for every shot of a photolithography stepper especially. The location and area of the precision of opening of the former and a mask pattern, therefore an ion-implantation field are the limitation of a photolithography stepper's actuation precision to 0.1 micrometers. It was difficult to adjust minutely in the following units.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, it follows on detailed-ization of a semiconductor device, and is 0.1 micrometers about the location and area of an ion-implantation field. It needs to control by the unit. Here, a CCD image sensor is made into an example and the location of an ion-implantation field and the need for adjustment of area are explained. In the latest CCD image sensor, single cel separation section (pixel separation section) width of face and stored charge read-out \*\*\*\* are reduced to about 0.4-0.7 micrometers on the mask, and transfer \*\*\*\* has also become about 1 micrometer. Therefore, in a CCD image sensor, in order to ease electric field strength, securing the amount of are recording / transfer charges, it is required to adjust the location and area of an ion-implantation field which form the vertical transfer section per 0.1 micrometers.

[0004] The conventional ion-implantation approach for vertical transfer section formation is explained referring to drawing 8 from drawing 6. Drawing 6 is the sectional view showing the

laminated structure 10 of the effective pixel of the CCD image sensor to which the ion implantation for vertical transfer section formation was performed by the conventional approach. For the inside of drawing 6, and 11, Si substrate and 12 are p. The overflow barrier layer of a mold, 13 is an insulator layer and 21 is p. The transfer barrier section which consists of a well, and 22 The vertical transfer section of n mold, 23 is p. For the read-out barrier section of a mold, and 24, the light sensing portion of n mold and 25 are p+. The hole storage section of a mold, The transfer electrode with which a channel stop and 31 consist of polish recon in 26, the insulator layer which 32 becomes from a polish recon oxide film, and 33 are light-shielding films which passivation film, such as PSG, and 34 become from aluminum. Drawing 6 shows the potential of the potential which met further the horizontal cross section 35 located in about 0.2-0.3-micrometer depth from the bottom interface of the insulator layer 13 on the front face of a substrate. + potential is taken downward from the cross section 35, and convex potential serves as barrier for an electron.

[0005] In order to form the vertical transfer section conventionally, as shown in drawing 7, the photoresist layer 40 is first formed on a substrate 11. The overflow barrier layers 12 and 13 are among drawing 7, and 12 are an oxidation insulator layer. Subsequently, a photoresist layer 40 is exposed and developed with light, such as g line, i line, and an excimer laser, a desired pattern is formed, and the impurity ion which carried out continuously, heat-treated the first ion implantation and the second ion implantation continuously, and poured them in is diffused by making this into a mask. The transfer barrier section 21 is formed by the first ion implantation, and the vertical transfer section 22 is formed by the second ion implantation, respectively. After an ion-implantation process; succeedingly, the transfer electrode 31, the hole storage section 25, a light sensing portion 24, and the polish recon oxide film 32 are formed, and a laminated structure as shown in drawing 8 is obtained. Furthermore, if the passivation film 33, such as PSG, and the light-shielding film 34 of aluminum are formed, the CCD image sensor effective pixel equipped with the laminated structure 10 as shown in drawing 6 can be obtained.

[0006] By the way, in order to ease electric field strength, securing the amount of are recording / transfer charges, in case the vertical transfer

section lower layer 21 and the vertical transfer section upper layer 22 are formed, it is effective to make slightly width of face of the vertical transfer section 22 smaller than the transfer barrier section 21, and to make it the form where the vertical transfer section 22 is wrapped in by the transfer barrier section 21. However, by the conventional approach, since the transfer barrier section 21 and the vertical transfer section 22 are formed using the same mask pattern, as it is indicated in drawing 7 as the width of face of the vertical transfer section formed by the second ion implantation, and the width of face of the transfer barrier section formed by the first ion implantation, it becomes almost the same.

[0007] Then, as mentioned above, it is difficult [ it ], even if it forms the mask pattern of the diameter of opening slightly smaller than the diameter of opening of the mask pattern in the case of the first ion implantation which forms the transfer barrier section 21, and is going to perform the second ion implantation and is going to form the vertical transfer section 22 narrower than the width of face of the transfer barrier section 21 to raise the actuation precision of the equipment used by the photolithography method so that mask alignment of such high degree of accuracy may be made possible. Therefore, from the limitation of a stepper's alignment precision, since gap of about 0.1 micrometers occurs, a desired mask pattern cannot usually be obtained. Moreover, even if it is going to control diffusion of impregnation ion and is going to adjust the width of face of the vertical transfer section, it is technically difficult, and since a thermal diffusion coefficient changes with classes of impurity element to pour in, although the width of face of the vertical transfer section 22 differs slightly to the width of face of the transfer barrier section 21, as long as the same pattern is being used at the time of an ion implantation, it turns out that there is a degree of freedom only in the depth direction fundamentally.

[0008] As mentioned above, as explained, it is difficult to obtain the mask pattern which can adjust the location and area of an ion-implantation field minutely by the conventional approach. Then, the object of this invention is offering the approach of adjusting minutely the location and area of opening of a mask pattern, on the occasion of an ion implantation.

[0009]

[Means for Solving the Problem] The ion-implantation approach which starts this invention in order to attain the above-mentioned object forms on a substrate the mask pattern which consists of a photoresist layer, in case it carries out and carries out the ion implantation of the photoresist layer to a mask, performs reflow heat treatment to a photoresist layer, makes the diameter of opening of the soffit edge of opening of a mask pattern reduce, and it is characterized by to adjust the location and the area of an ion-implantation field by it.

[0010] The conditions of reflow heat treatment change with magnitude of the class of the rate to which it is made to reduce, and photoresist to be used, and opening of a mask pattern etc., and a track record, an experiment, etc. determine them.

[0011] Especially the ion-implantation approach concerning this invention is suitable for formation of the vertical transfer section of a CCD image sensor. The ion-implantation approach concerning this invention is the formation process of the vertical transfer section of a CCD image sensor. The mask pattern which consists of a photoresist layer is formed on the insulator layer of a substrate. In using a photoresist layer as a mask, forming the transfer barrier section by the ion implantation, pouring in another ion subsequently and forming the vertical transfer section, reflow heat treatment is performed to a photoresist layer. The diameter of opening of the soffit edge of opening of a mask pattern is made to reduce, and it is characterized by adjusting the location and area of an ion-implantation field which form the vertical transfer section by it.

[0012]

[Embodiment of the Invention] An example is given to below and the gestalt of operation of this invention is explained to it with reference to an accompanying drawing at concrete and a detail. It is the direction sectional view of H for every process of a CCD image sensor effective pixel when drawing 5 applies this invention approach to formation of the laminated structure of drawing 1 from the direction sectional view of H of the laminated structure of the CCD image sensor effective pixel which formed drawing 1 by this invention approach, and drawing 2. With this invention approach, it is p to the Si substrate 11 by the ion implantation first like the conventional approach. The overflow barrier layer 12 of a mold is formed and, subsequently an insulator layer 13 is formed by thermal oxidation.

Then, the photoresist layer 40 is used as a mask so that the mask pattern which has opening 42 may be formed by the photolithography method and may be shown subsequently to drawing 2 by the photoresist layer 40, and it is p by the ion implantation. The transfer barrier section 21 which consists of a well is formed.

[0013] Next, reflow heat treatment is performed to the photoresist layer 40, the photoresist layer 40 of the circumference of the soffit section 44 of opening 42 is fluidized, and, thereby, the diameter of opening of the edge 46 of the soffit section 44 is made to reduce, as shown in drawing 3. Although the conditions of reflow heat treatment differ in the class of photoresist to be used, POJIREJISUTO for i lines is used for them, for example, and they are 1-2 micrometers about thickness. When forming a mask pattern, reflow heat treatment can be performed by maintaining a substrate to the temperature of the range of 100-150 degrees C for 1 - 10 minutes. Moreover, the aperture width of an application pattern has effective about 1 micrometer.

[0014] Next, the photoresist layer 40 which has the mask pattern to which the diameter of opening was made to reduce is used as a mask, and the ion implantation for forming the vertical transfer section 22 is performed. Consequently, as shown in drawing 4, the narrow vertical transfer section 22 of width of face can be formed from the transfer barrier section 21. Then, like the conventional approach, the transfer electrode 31, the hole storage section 25, a light sensing portion 24, and the polish recon oxide film 32 are formed, and a laminated structure as shown in drawing 4 is obtained. Furthermore, like the conventional approach, if the passivation film 33, such as PSG, and the light-shielding film 34 of aluminum are formed, the CCD image sensor effective pixel equipped with the laminated structure 48 as shown in drawing 1 can be obtained.

[0015] the stored charge of the hole storage section 25 carries out reading appearance, and a property is determined as the width of face of the read-out section 23, high impurity concentration, and a list with the surrounding potential of the transfer barrier section 21, the vertical transfer section 22, a light sensing portion 24, and the hole storage section 25 of hole storage section 25 grade. The potential along the horizontal cross section 35 located in about 0.2-0.3-micrometer depth from the bottom interface of the insulator layer 13 on the front face of a substrate of the laminated

structure 48 formed by this invention approach is as being shown in drawing 1 . In drawing 1 , + potential is taken downward from the cross section 35. In addition, the alternate long and short dash line of drawing 1 is prolonged in the location which is in agreement with the alternate long and short dash line of drawing 6 .

[0016] As compared with the laminated structure 10 of the CCD image sensor shown in drawing 6 produced by the conventional approach, the laminated structure 48 of the CCD image sensor shown in drawing 1 produced by this invention approach has the small horizontal direction (direction [ of the following and H ], and brief sketch) width of face of the vertical transfer section 21, and it is formed so that it may wrap by the transfer barrier section 22 which consists of a p-well. And since the transfer barrier section 22 reads and the section 23 and the channel stop 26 are followed, the transfer barrier section 22 can make high impurity concentration high effectually broadly [ section / 23 / read-out ], and can make high impurity concentration high broadly [ stop / 26 / channel ] still more nearly similarly, or can ease and graze a concentration gradient. Therefore, in this example, as shown in drawing 1 , the potential peak location of the read-out section 23 and the channel stop 26 is located near the vertical transfer section 22 from the light sensing portion 24 compared with the laminated structure 10 shown in drawing 6 produced by the conventional approach. Since the electron which the light which the potential slope became long and carried out incidence to the light sensing portion 24 side by that cause at the read-out section 23 carried out photo electric translation, and was generated is easily movable to a light sensing portion 24 side, its amount of smears decreases and its sensibility improves.

[0017] Moreover, read with the vertical transfer section 22 and it sets to a boundary with the section 23, and the interface of the vertical transfer section 22 and the channel stop 26. Since the impurity concentration gradient of the vertical transfer section 22 is gently made compared with the laminated structure 10 shown in drawing 6 produced by the conventional approach and the electrons and holes which electric field strength is reduced and begin to spring by thermal excitation decrease in number The white line vertical-reinforcement noise from which the noise from which it causes generating is reduced, and a crystal defect causes generating

is reduced.

[0018] As mentioned above, it is a detailed area, for example, 0.1 micrometers, about an ion-implantation field by the self-alignment technique said that according to this invention approach a reflow of the photoresist layer is carried out and it makes the diameter of opening reduce. It can be estimated that it is reducible in a unit.

[0019] LDD widely used by the manufacture approach of an MOS transistor although formation of the vertical transfer section of a CCD image sensor was made into the example and the above example explained in the ends of an opening edge, an impurity concentration gradient becomes loose according to the same operation as law. Therefore, it is applicable also to the manufacture approach of an MOS transistor. Especially, in the ion implantation in the case of manufacture of MOSFET of a LDD mold, also when adjusting the location and area of an ion-implantation field minutely, it can apply.

[0020]

[Effect of the Invention] According to this invention, in manufacture of a semiconductor device, form on a substrate the mask pattern which consists of a photoresist layer, and in case the ion implantation of the photoresist layer is carried out and carried out to a mask, reflow heat treatment is performed to a photoresist layer. Even when the diameter of opening of the soffit edge of opening of a mask pattern is made to reduce and it performs the (1) first ion implantation and the second ion implantation continuously It can do smaller than the area of the ion-implantation field of the first ion implantation which pours in previously the area of the ion-implantation field of the second ion implantation poured in behind, and an opening area change of (2) patterns can be made, holding self align. By this invention approach, since a doubling gap of a photolithography stepper is not included, the location of pattern opening with a high precision and detailed adjustment of area can be performed. Moreover, when this invention approach is applied to formation of the vertical transfer section of a CCD image sensor, the amount of smears and a noise can be reduced.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the direction sectional view of H showing the laminated structure of the CCD component effective pixel manufactured by this invention approach.

[Drawing 2] It is the direction sectional view of H of the substrate in the condition of having formed the photoresist film, having formed the mask pattern, having performed the first ion implantation and having formed the transfer barrier section on the substrate.

[Drawing 3] It is the direction sectional view of H of the substrate in the condition of carrying out a reflow of the photoresist layer.

[Drawing 4] It is the direction sectional view of H of the substrate in the condition of having performed the second ion implantation and having formed the vertical transfer section.

[Drawing 5] It is the direction sectional view of H of the substrate in which the laminated structure obtained at the process which follows drawing 4 is shown.

[Drawing 6] It is the direction sectional view of H showing the laminated structure of the CCD component effective pixel manufactured by the conventional approach.

[Drawing 7] It is the direction sectional view of H of the substrate in which the transfer barrier section and the vertical transfer section which were formed by the conventional approach are shown.

[Drawing 8] It is the direction sectional view of H of the substrate in which the laminated structure obtained at the process which follows drawing 7 is shown.

[Description of Notations]

10 Laminated Structure of Effective Pixel of CCD Image Sensor Obtained by the Conventional Approach

11 Si Substrate

12 Overflow Barrier

13 Insulator Layer

21 Transfer Barrier Section

22 Vertical Transfer Section

23 Read-out Barrier Layer

24 Light Sensing Portion

25 Hole Storage Section

26 Channel Stop

31 Transfer Electrode

32 Insulator Layer

33 PSG Film

34 Light-shielding Film

35 Horizontal Section

40 Photoresist Layer

42 Opening

44 Soffit Section

46 Edge

48 Laminated Structure of Effective Pixel of CCD Image Sensor Obtained by this Invention Approach

\*\*\*\*\*

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-162137

(43) 公開日 平成9年(1997)6月20日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/266			H 0 1 L 21/265	M
C 2 3 C 14/48			C 2 3 C 14/48	Z
G 0 3 F 7/40	5 2 1		G 0 3 F 7/40	5 2 1
H 0 1 L 27/148			H 0 1 L 27/14	B

審査請求 未請求 請求項の数2 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-346771

(22) 出願日 平成7年(1995)12月13日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 浅井 淳

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 大塚 洋一

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 弁理士 高橋 光男

(54) 【発明の名称】 イオン注入方法

(57) 【要約】

【課題】 イオン注入に際し、マスクパターンの開口の位置及び面積を微細に調整する方法を提供する。

【解決手段】 基板上にホトレジスト層からなるマスクパターンを形成し、ホトレジスト層をマスクにしてイオン注入する際、ホトレジスト層にリフロー熱処理を施して、マスクパターンの開口部の下端縁の開口径を縮小させ、それによってイオン注入領域の位置及び面積を調整する。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上にホトレジスト層からなるマスクパターンを形成し、ホトレジスト層をマスクにしてイオン注入する際、

ホトレジスト層にリフロー熱処理を施して、マスクパターンの開口部の下端縁の開口径を縮小させ、それによってイオン注入領域の位置及び面積を調整することを特徴とするイオン注入方法。

【請求項2】 CCD撮像素子の垂直転送部の形成工程で、基板の絶縁膜上にホトレジスト層からなるマスクパターンを形成し、ホトレジスト層をマスクにしてイオン注入により転送バリア部を形成し、次いで別のイオンを注入して垂直転送部を形成するに当たり、

ホトレジスト層にリフロー熱処理を施して、マスクパターンの開口部の下端縁の開口径を縮小させ、それによって垂直転送部を形成するイオン注入領域の位置及び面積を調整することを特徴とするイオン注入方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、イオン注入方法に関し、更に詳細にはイオン注入領域の位置及び面積を微細に調整できるイオン注入方法、特にCCD撮像素子の垂直転送部の形成に適したイオン注入方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、基板にイオンを注入してイオン注入領域を形成する際、イオン注入は、ポリシリコン、 $\text{SiO}_2$ などのデバイス構成材料やホトレジスト等で形成されるマスクパターンの上から基板に向け施され、これによりパターンで定められた開口の位置及び面積に合致するようにイオン注入領域が形成されている。従って、イオン注入領域を所定通りの位置及び面積で基板に形成するためには、ホトリソグラフィ法等で形成するマスクパターンの精度を高める必要がある。ホトリソグラフィ法でマスクパターンを形成する際、マスクパターンの精度を決める因子は、使用する光学装置の作動精度、例えばフォトリソグラフィステッパーの作動精度であって、特に、フォトリソグラフィステッパーのショット毎に移動する機械的精度である。従来、マスクパターンの開口の精度、従ってイオン注入領域の位置及び面積は、フォトリソグラフィステッパーの作動精度の限界から、 $0.1\mu\text{m}$ 以下の単位で微細に調整することは困難であった。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、半導体デバイスの微細化に伴い、イオン注入領域の位置及び面積を $0.1\mu\text{m}$ 単位で制御する必要が生じて来ている。ここで、CCD撮像素子を例にしてイオン注入領域の位置及び面積の調整の必要性を説明する。最近のCCD撮像素子では、単セル分離部（画素分離部）幅や蓄積電荷読み

出し部幅が、マスク上で $0.4\sim 0.7\mu\text{m}$ 程度にまで縮小されており、また転送部幅も $1\mu\text{m}$ 程度になっている。従って、CCD撮像素子において、蓄積・転送電荷量を確保しつつ電場強度を緩和するためには、垂直転送部を形成するイオン注入領域の位置及び面積を $0.1\mu\text{m}$ 単位で調整することが必要である。

【0004】図6から図8を参照しつつ、垂直転送部形成のための従来のイオン注入方法を説明する。図6は、垂直転送部形成のためのイオン注入が従来の方法で行われたCCD撮像素子の有効画素の積層構造10を示す断面図である。図6中、11はSi基板、12は $p^-$ 型のオーバーフローバリア層、13は絶縁膜、21は $p^-$ ウエルからなる転送バリア部、22はn型の垂直転送部、23は $p^-$ 型の読み出しバリア部、24はn型の受光部、25は $p^+$ 型のホール蓄積部、26はチャンネルストップ、31はポリシリコンからなる転送電極、32はポリシリコン酸化膜からなる絶縁膜、33はPSG等のパッシベーション膜及び34はAlからなる遮光膜である。図6は、更に、基板表面の絶縁膜13の下側界面から約 $0.2\sim 0.3\mu\text{m}$ 深さに位置する水平方向断面35に沿ったポテンシャルの電位を示している。断面35から下向きに+電位が取っており、電子にとっては上に凸のポテンシャルがバリアとなる。

【0005】従来、垂直転送部を形成するために、先ず、基板11上に、図7に示すように、ホトレジスト層40を成膜する。図7中、12はオーバーフローバリア層12、及び13は酸化絶縁膜である。次いで、フォトレジスト層40をg線、i線、エキシマレーザーなどの光で露光し、現像して、所望のパターンを形成し、これをマスクとして第1次イオン注入及び第2次イオン注入を連続して行い、続いて熱処理を施し、注入した不純物イオンを拡散させている。第1次イオン注入により転送バリア部21を、第2次イオン注入により垂直転送部22をそれぞれ形成している。イオン注入工程の後、引き続き、転送電極31、ホール蓄積部25、受光部24及びポリシリコン酸化膜32を形成し、図8に示すような積層構造を得る。更に、PSG等のパッシベーション膜33及びAlの遮光膜34を形成すると、図6に示すような積層構造10を備えたCCD撮像素子有効画素を得ることができる。

【0006】ところで、蓄積・転送電荷量を確保しつつ電場強度を緩和するためには、垂直転送部下層21及び垂直転送部上層22を形成する際に、垂直転送部22の幅を転送バリア部21より僅かに小さくして、垂直転送部22を転送バリア部21により包み込むような形にすることが有効である。しかし、従来の方法では、同じマスクパターンを使用して転送バリア部21及び垂直転送部22を形成しているので、第2次イオン注入により形成した垂直転送部の幅と第1次イオン注入により形成した転送バリア部の幅とは、図7に示すように、殆ど同じ

になる。

【0007】そこで、転送バリア部21を形成する第1次イオン注入の際のマスクパターンの開口径より僅かに小さい開口径のマスクパターンを形成して第2次イオン注入を行って転送バリア部21の幅より狭い垂直転送部22を形成しようとしても、上述したように、このような高精度のマスク合わせを可能にするように、ホトリソグラフィ法で使用する装置の作動精度を高めることは難しい。従って、ステッパーの位置合わせ精度の限界から、通常、0.1 $\mu$ m程度のズレが発生するため、所望のマスクパターンを得ることはできない。また、注入イオンの拡散を制御して垂直転送部の幅を調整しようとしても、それは技術的に難しく、注入する不純物元素の種類により熱拡散係数が異なるため、垂直転送部22の幅は、転送バリア部21の幅に対して僅かに異なるものの、イオン注入時に同一パターンを使用している限り、基本的には深さ方向にしか自由度が無いことが判る。

【0008】以上、説明したように、従来の方法では、イオン注入領域の位置及び面積を微細に調整できるようなマスクパターンを得ることは難しい。そこで、本発明の目的は、イオン注入に際し、マスクパターンの開口の位置及び面積を微細に調整する方法を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係るイオン注入方法は、基板上にホトレジスト層からなるマスクパターンを形成し、ホトレジスト層をマスクにしてイオン注入する際、ホトレジスト層にリフロー熱処理を施して、マスクパターンの開口部の下端縁の開口径を縮小させ、それによってイオン注入領域の位置及び面積を調整することを特徴としている。

【0010】リフロー熱処理の条件は、縮小させる割合、使用するホトレジストの種類、マスクパターンの開口の大きさ等により異なり、実績、実験等により決定する。

【0011】本発明に係るイオン注入方法は、特にCCD撮像素子の垂直転送部の形成に適している。本発明に係るイオン注入方法は、CCD撮像素子の垂直転送部の形成工程で、基板の絶縁膜上にホトレジスト層からなるマスクパターンを形成し、ホトレジスト層をマスクにしてイオン注入により転送バリア部を形成し、次いで別のイオンを注入して垂直転送部を形成するに当たり、ホトレジスト層にリフロー熱処理を施して、マスクパターンの開口部の下端縁の開口径を縮小させ、それによって垂直転送部を形成するイオン注入領域の位置及び面積を調整することを特徴としている。

【0012】

【発明の実施の形態】以下に、実施例を挙げ、添付図面を参照して、本発明の実施の形態を具体的かつ詳細に説明する。図1は本発明方法で形成したCCD撮像素子有

効画素の積層構造のH方向断面図、図2から図5は図1の積層構造の形成に本発明方法を適用した場合のCCD撮像素子有効画素の各工程毎のH方向断面図である。本発明方法では、従来の方法と同様に、まず、イオン注入によりSi基板11にp<sup>-</sup>型のオーバーフローバリア層12を形成し、次いで熱酸化により絶縁膜13を成膜する。続いて、開口部42を有するマスクパターンをホトレジスト層40によってホトリソグラフィ法により形成し、次いで、図2に示すように、ホトレジスト層40をマスクにしてイオン注入によりp<sup>-</sup>ウェルからなる転送バリア部21を形成する。

【0013】次に、ホトレジスト層40にリフロー熱処理を施して、開口部42の下端部44周りのホトレジスト層40を流動化し、それにより、図3に示すように下端部44の端縁46の開口径を縮小させる。リフロー熱処理の条件は、使用するホトレジストの種類に異なるが、例えばi線用ポジレジストを使用して、厚さを1~2 $\mu$ mのマスクパターンを形成する場合には、基板を1~10分の間100~150℃の範囲の温度に維持することによりリフロー熱処理を施すことが出来る。また、適用パターンの開口幅は1 $\mu$ m程度が効果的である。

【0014】次に、開口径を縮小させたマスクパターンを有するホトレジスト層40をマスクにして、垂直転送部22を形成するためのイオン注入を行う。この結果、図4に示すように、転送バリア部21より幅の狭い垂直転送部22を形成することができる。引き続き、従来の方法と同様に、転送電極31、ホール蓄積部25、受光部24及びポリシリコン酸化膜32を形成し、図4に示すような積層構造を得る。更に、従来の方法と同様に、PSG等のパッシベーション膜33及びA1の遮光膜34を形成すると、図1に示すような積層構造48を備えたCCD撮像素子有効画素を得ることができる。

【0015】ホール蓄積部25の蓄積電荷の読み出し特性は、読み出し部23の幅、不純物濃度、並びに転送バリア部21、垂直転送部22、受光部24、及びホール蓄積部25等のホール蓄積部25の周辺のポテンシャルにより決定される。本発明方法により形成した積層構造48の基板表面の絶縁膜13の下側界面から約0.2~0.3 $\mu$ m深さに位置する水平方向断面35に沿ったポテンシャルは、図1に示す通りである。図1では、断面35から下向きに+電位が取ってある。尚、図1の一点鎖線は、図6の一点鎖線と一致する位置に延びている。

【0016】本発明方法で作製した図1に示すCCD撮像素子の積層構造48は、従来の方法で作製した図6に示すCCD撮像素子の積層構造10と比較して、垂直転送部21の水平方向（以下、H方向と略記）幅が小さく、p<sup>-</sup>ウェルからなる転送バリア部22によって包むように形成されている。しかも、転送バリア部22が読み出し部23やチャンネルストップ26と連続している

10

20

30

40

50

ので、転送バリア部22は、読み出し部23を実効的に幅広くかつ不純物濃度を高くし、更には同様にチャンネルストップ26を幅広くかつ不純物濃度を高くするか、濃度勾配を緩和するかすることができる。よって、本実施例では、図1に示すように、読み出し部23およびチャンネルストップ26のポテンシャルピーク位置が、従来の方法により作製した図6に示す積層構造10に比べて、受光部24より垂直転送部22の近くに位置している。それにより、ポテンシャルスロープが受光部24側に長くなって、読み出し部23に入射した光が光電変換して発生した電子は、容易に受光部24側へ移動することができるので、スミア量が減り、また感度が向上する。

【0017】また、垂直転送部22と読み出し部23との境界、垂直転送部22とチャンネルストップ26との界面において、垂直転送部22の不純物濃度勾配が、従来の方法により作製した図6に示す積層構造10に比べて、緩やかに出来るため、電場強度が低減され、熱励起で湧き出す電子・ホールが減少するので、それが発生原因となるノイズが低減され、また結晶欠陥が発生原因となる白線縦筋ノイズが低減される。

【0018】以上のように、本発明方法によれば、ホトレジスト層をリフローさせて開口径を縮小させると言うセルフアライメント手法により、イオン注入領域を微細な面積、例えば0.1 $\mu\text{m}$ 単位で縮小できると評価できる。

【0019】以上の実施例では、CCD撮像素子の垂直転送部の形成を例にして説明したが、MOSTランジスタの製造方法で広く用いられるLDD法と同様の作用によって、開口縁の両端において不純物濃度勾配が緩やかになる。よって、MOSTランジスタの製造方法にも適用できる。特に、LDD型のMOSFETの製造の際のイオン注入に当たり、イオン注入領域の位置及び面積を微細に調整する時にも適用できる。

【0020】

【発明の効果】本発明によれば、半導体素子の製造において、基板上にホトレジスト層からなるマスクパターンを形成し、ホトレジスト層をマスクにしてイオン注入する際、ホトレジスト層にリフロー熱処理を施して、マスクパターンの開口部の下端縁の開口径を縮小させ、それによって(1)第1次イオン注入及び第2次イオン注入を連続して行う場合でも、後に注入する第2次イオン注入のイオン注入領域の面積を先に注入する第1次イオン注入のイオン注入領域の面積よりも小さくでき、また(2)パターンの開口面積変更を自己整合を保持しつつ行える。本発明方法では、フォトリソグラフィステッパ

一の合わせずれが含まれないため、精度の高いパターン開口の位置、面積の微細調整を行うことができる。また、本発明方法をCCD撮像素子の垂直転送部の形成に適用した場合、スミア量及びノイズを低減させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明方法により製造したCCD素子有効画素の積層構造を示すH方向断面図である。

【図2】基板上にホトレジスト膜を成膜し、マスクパターンを形成し、第1次イオン注入を行って転送バリア部を形成した状態での基板のH方向断面図である。

【図3】ホトレジスト層をリフローさせた状態での基板のH方向断面図である。

【図4】第2次イオン注入を行って垂直転送部を形成した状態での基板のH方向断面図である。

【図5】図4に引き続き工程で得た積層構造を示す基板のH方向断面図である。

【図6】従来方法により製造したCCD素子有効画素の積層構造を示すH方向断面図である。

【図7】従来方法により形成した転送バリア部及び垂直転送部を示す基板のH方向断面図である。

【図8】図7に引き続き工程で得た積層構造を示す基板のH方向断面図である。

【符号の説明】

10 従来方法により得たCCD撮像素子の有効画素の積層構造

11 Si基板

12 オーバーフローバリア

13 絶縁膜

21 転送バリア部

22 垂直転送部

23 読み出しバリア層

24 受光部

25 ホール蓄積部

26 チャネルストップ

31 転送電極

32 絶縁膜

33 PSG膜

34 遮光膜

35 水平断面

40 ホトレジスト層

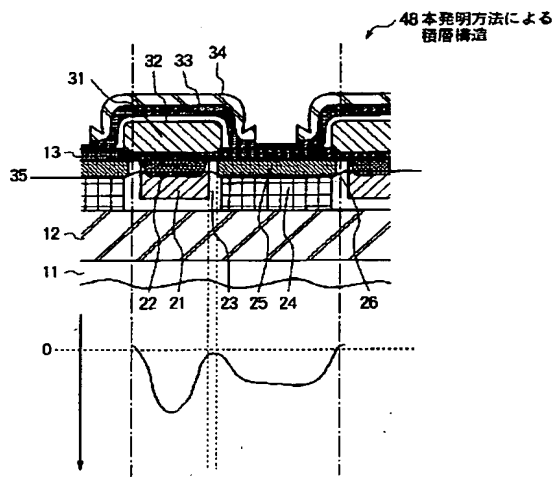
42 開口部

44 下端部

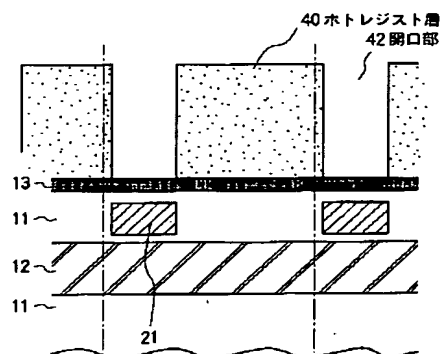
46 端縁

48 本発明方法により得たCCD撮像素子の有効画素の積層構造

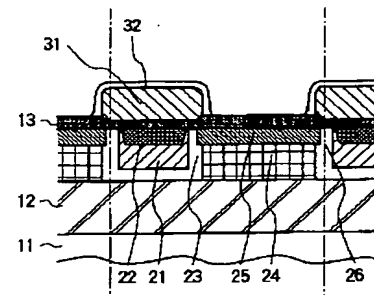
【図 1】



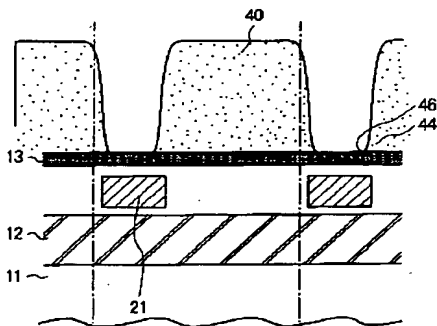
【図 2】



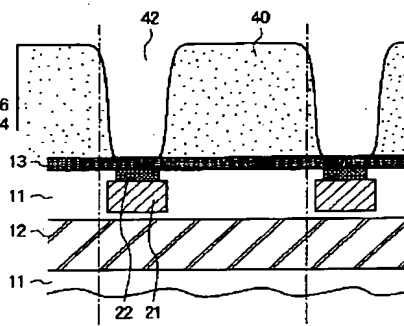
【図 5】



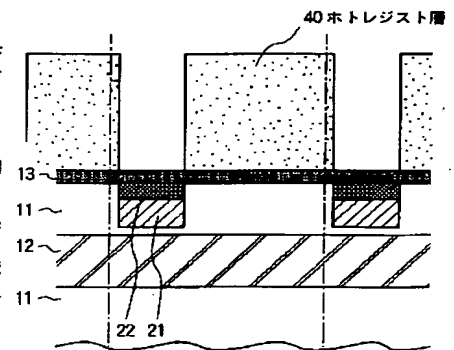
【図 3】



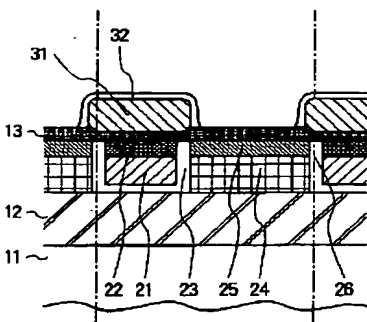
【図 4】



【図 7】

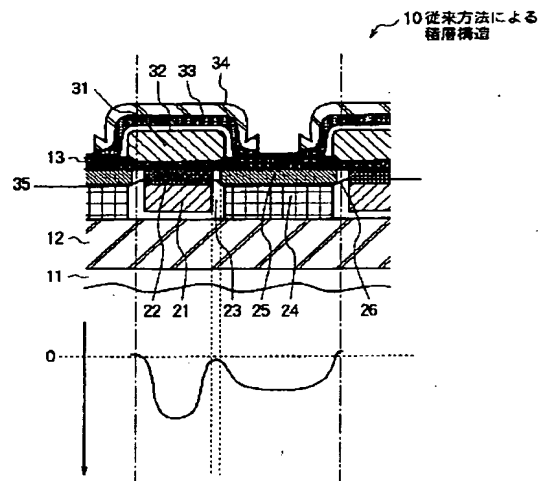


【図 8】



- 11 Si基板
- 12 オーバーフローバリア
- 13 絶縁膜
- 21 転送バリア部
- 22 垂直転送部
- 23 焼み出しバリア層
- 24 受光部
- 25 ホール素子部
- 26 チャンネルストップ
- 31 転送電極
- 32 絶縁膜
- 33 PSG膜
- 34 遮光膜
- 35 水平断面

【図 6】



- 11 Si 基板
- 12 オーバーフローバリア
- 13 絶縁膜
- 21 転送バリア部
- 22 垂直転送部
- 23 露み出しバリア層
- 24 受光部
- 25 ホール蓄積部
- 26 チャンネルストップ
- 31 転送電極
- 32 絶縁膜
- 33 PSG 膜
- 34 遮光膜
- 35 水平断面